

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 739 213

②1 N° d'enregistrement national : **95 11243**

⑤1 Int Cl⁸ : G 10 K 11/162

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.09.95.

③0 Priorité :

⑦1 Demandeur(s) : ARTEC AEROSPACE SARL
SOCIETE A RESPONSABILITE LIMITEE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : CAPDEPUY MARC et HADDAD
FLORENT.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 28.03.97 Bulletin 97/13.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

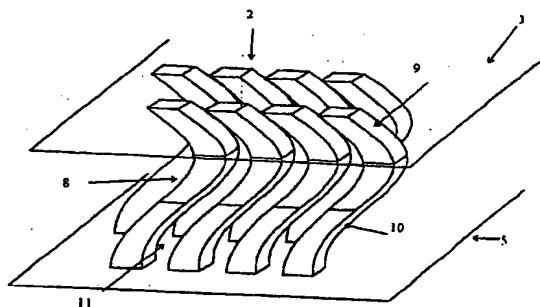
⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : CORNUEJOLS GEORGES.

⑤4 PROCÉDE D'ATTENUATION DE L'AMPLITUDE DE L'ONDE DE PRESSION RAYONNEE PAR LA SURFACE
D'UN MATERIAU SOUMIS A DES VIBRATIONS D'ORIGINE MECANIQUE ET/OU ACOUSTIQUE AU NIVEAU
D'UNE SURFACE INCIDENTE OU REFLECHIE PAR CETTE DERNIERE.

⑤7 La présente invention a pour objet un procédé d'atténuation de l'amplitude de l'onde de pression (6) rayonnée par la surface (5) d'un matériau (1) soumis à des vibrations d'origine mécanique et/ou acoustique (2) au niveau d'une surface incidente (3), ledit matériau étant composé d'une structure (1) élastique pesante de conformation anisotrope, caractérisé en ce que par conformation de la géométrie interne de la structure du matériau sont réalisées une déviation et une localisation des vibrations (7) internes à la structure.



FR 2 739 213 - A1



1 La présente invention concerne un procédé
d'atténuation de l'amplitude de l'onde de pression rayonnée
par la surface d'un matériau soumis à des vibrations
d'origine mécanique et/ou acoustique au niveau d'une surface
5 incidente ou réfléchie par cette dernière.

La présente invention concerne également le
matériau réalisé en application du procédé objet de
l'invention.

Lorsqu'une paroi est soit soumise à une onde de pression
10 incidente, soit mise en vibration par des moyens mécaniques,
l'onde de pression incidente où les vibrations se
transmettent à travers la structure du matériau depuis sa
surface incidente jusqu'à sa surface rayonnante.

L'invention concerne aussi bien les ondes acoustiques que le
15 domaine des ondes infrasonores et ultrasonores.

L'invention vise à réduire l'amplitude des ondes
transmises en évitant à un système mécanique vibrant de
générer une onde acoustique dans le milieu qui l'entoure, ou
en séparant une zone bruyante d'une autre zone, soit pour
20 séparer deux zones ne devant pas communiquer, soit pour
isoler un appareil bruyant, soit pour protéger un système
sensible contre les vibrations mécaniques induites par les
ondes de pression.

Les gains obtenus par l'invention peuvent aller jusqu'à
25 quelques dizaines de décibel dans le cas des ondes
acoustiques.

Pour diminuer l'énergie par exemple acoustique
transmise par une paroi, plusieurs solutions sont utilisées
à ce jour.

1 La première solution consiste à augmenter la masse des
parois séparant la source sonore de la zone à protéger.
Cette solution est efficace sur une large bande de
fréquences. Un doublement de la masse de parois permet un
5 gain d'environ 4dB (décibels) ; mais entraîne un
encombrement accru et un surplus de masse. Il est difficile
d'utiliser cette solution lorsque des gains de plusieurs
dizaines de dB sont recherchés.

Un autre moyen pour réaliser de fortes isolations
10 acoustiques est le recours aux parois multiples. Par
exemple, une paroi double composée d'une première paroi,
d'un vide d'air ou d'un matériau souple et d'une seconde
paroi. Ce type de complexe permet d'augmenter l'isolation
acoustique sans augmenter de façon trop importante la masse,
15 si le matériau souple est de très faible densité.
Toutefois, une telle solution implique souvent l'utilisation
de complexes souples d'épaisseur importante.

On peut aussi envisager l'utilisation de matériaux
poreux pour réaliser une isolation acoustique. L'énergie
20 contenue dans l'onde acoustique incidente est dissipée par
augmentation de la viscosité apparente du milieu par rapport
à l'air à l'intérieur des pores du matériau. Ce type de
solution nécessite une bonne adéquation entre la taille des
pores et les composantes fréquentielles principales
25 présentes dans le spectre du bruit dont on veut éviter la
transmission ou la réflexion. Cette solution implique aussi
l'utilisation de structures relativement épaisses.

Le but de cette invention est de proposer une

1 solution qui donne une atténuation acoustique très importante (plusieurs dizaines de dB) grâce à un matériau de faible épaisseur.

Cette invention permet ainsi de réaliser des isolations
5 acoustiques très importantes pour une masse supplémentaire relativement faible.

Un autre but de l'invention est d'éviter la mise en vibration du matériau.

A cet effet, le procédé, selon l'invention, d'atténuation de
10 l'amplitude de l'onde de pression rayonnée par la surface d'un matériau soumis à des vibrations, d'origine mécanique et/ou acoustique, au niveau d'une surface incidente, ledit matériau étant composé d'une structure élastique pesante de conformation anisotrope se caractérise essentiellement en ce
15 que par conformation de la géométrie interne de la structure du matériau sont réalisées une déviation et une localisation des vibrations internes à la structure.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, la modification du sens de vibration de l'onde s'effectue
20 depuis un sens principalement perpendiculaire à la surface incidente jusqu'à un sens principalement parallèle ou voisin d'une parallèle de la surface rayonnante.

Suivant une autre caractéristique du procédé, le sens des vibrations de l'onde est transformé de linéaire en
25 rotatif ne générant pas d'onde acoustique.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, la structure interne du matériau entre la surface incidente et la surface rayonnante est constituée par la combinaison

1 par assemblage et/ou superposition et/ou juxtaposition de motifs géométriques en plusieurs dimensions conférant à la structure du matériau une architecture dissymétrique.

5 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description ci-après de formes de réalisation de l'invention données à titre d'exemple explicatifs illustrés par les dessins joints dans lesquels :

- la figure 1 est une vue représentant un schéma de transmission d'une onde à travers un matériau ;
- la figure 2 est un schéma illustrant une forme de réalisation du procédé objet de l'invention ;
- la figure 3 représente un exemple de réalisation d'un matériau mettant en oeuvre le procédé objet de l'invention ;
- 15 - la figure 4 représente la propagation de l'onde dans le cas d'un exemple de réalisation représenté à la figure 3 ;
- la figure 5 représente un autre exemple de réalisation d'un matériau mettant en oeuvre le procédé objet de l'invention,
- 20 - la figure 6 représente une autre forme de réalisation de l'invention,

En figure 1 est représenté schématiquement le principe de transmission d'une onde de pression entre deux milieux A et B séparés par un matériau 1 qui peut être une paroi dont la structure interne est anisotrope.

25 L'invention s'applique aux ondes de pression sonores, ultrasonores ou infrasonores ; l'onde sonore énoncée dans la présente description n'est donnée qu'à titre d'exemple.

1 L'onde sonore émise en A génère une pression
incidente dont le sens est représenté par la flèche 2.

Cette onde est partiellement réfléchiée par la surface
incidente 3 (flèche 4) et est transmise à travers la
5 structure interne du matériau qu'elle met en vibration
jusqu'à la surface rayonnante 5 dont la vibration est
transmise au milieu B (flèche 6).

Selon la masse et l'épaisseur de la paroi 1, l'onde
transmise sera plus ou moins atténuée.

10 Il va de soi que l'onde transmise par la surface
rayonnante 5 peut être générée non par une onde sonore émise
en A mais par une mise en vibration mécanique du matériau ou
de la paroi 1 qui va générer une onde de pression.

Le procédé selon l'invention a pour objet
15 l'atténuation de l'onde de pression générée par la surface
rayonnante 5 du matériau 1 soumis à des vibrations 2,
d'origine mécanique et/ou acoustique, au niveau de la
surface incidente 3, ledit matériau étant composé d'une
structure élastique pesante de conformation anisotrope.

20 Par matériau à structure élastique, on entend un
matériau dont les particules génèrent des efforts
proportionnels aux déplacements relatifs qui leurs sont
imposés.

Lorsqu'un tel matériau est soumis à des efforts variant au
25 cours du temps, ces efforts provenant de sollicitations
mécaniques ou d'une onde de pression, les surfaces du
matériau répondent par des mouvements qui génèrent des ondes
de pression, notamment sonores, qui sont rayonnées par

1 lesdites surfaces.

Selon le procédé objet de l'invention, par une conformation de la géométrie interne du matériau est réalisée une déviation de l'onde avec localisation des vibrations et/ou modification des directions des vibrations dans la structure.

Comme représenté schématiquement en figure 2, les vibrations 2 qui ont une direction sensiblement perpendiculaire à la surface incidente 3 sont déviées par la géométrie de la structure anisotrope du matériau 1 jusqu'à une direction schématisée par la flèche 7 sensiblement parallèle de la surface rayonnante 5, la transmission du milieu A au milieu B étant de ce fait très sensiblement atténuée (flèche 6).

Cette déviation est obtenue par conformation adaptée de la structure ou microstructure du matériau qui transforme des mouvements superficiels de la surface incidente ou des contraintes surfaciques dues à la pression d'une onde de pression², en déformations complexes internes à la partie anisotrope du matériau. Les déformations complexes de la structure interne du matériau sont telles qu'elles minimisent la génération par la surface d'une onde acoustique dans une région de l'espace que l'on cherche à protéger.

A titre d'exemple, cette invention peut être appliquée en déviant d'un angle désiré la direction de l'onde vibratoire 2 en transformant la translation des particules de la surface du matériau exposée à la source de

1 vibrations (acoustique et/ou mécanique) en mouvements dans
une ou des directions différentes d'autres particules de la
structure du matériau qui ne génèrent pas d'onde acoustique
transmise au niveau de la zone à protéger.

5 Selon l'invention sont supprimées les zones
d'interface du matériau susceptibles de pouvoir générer une
onde sonore.

En effet, les ondes sonores sont engendrées par une
translation de surfaces solides perpendiculaire au contact
10 avec le milieu aérien.

L'invention permet de convertir les translations de
particules en rotations locales de celles-ci.

Les zones du matériau qui sont le siège de rotations
internes convertissent ainsi l'énergie acoustique en énergie
15 cinétique et élastique interne sans émission d'onde
acoustique. Cette invention repose sur le contrôle des
degrés de liberté internes des particules constituant la
structure interne du matériau.

Le comportement physique auquel répond le matériau
20 revendiqué, peut être modélisé par les équations suivantes :
si on note X le vecteur d'état des degrés de liberté des
particules constituant le matériau (tant intérieurs que
surfaciques), le comportement de la structure élastique,
pesante du matériau peut être modélisé par une équation
25 différentielle du type :

$$(M) (d^2X/dt^2) + (F) (dX/dt) + (K)X = (S) (P) + (A)$$

avec (M) , (F) , (K) , (S) des matrices dépendant de la nature
et de la géométrie de la structure interne, (P) Vecteur de

1 pression acoustique générée par la surface du matériau et
(A) vecteur dépendant de la sollicitation imposée au
matériau (acoustique et/ou mécanique). A partir de cette
équation différentielle, il est possible d'obtenir la
5 fonction de transfert entre l'onde acoustique (P) générée
par le matériau et la sollicitation appliquée (A) ; le
changement de direction des vibrations passe par l'optimi-
sation de cette fonction de transfert.
L'optimisation de la micro-géométrie interne et la nature du
10 matériau permettent une diminution de l'énergie rayonnée par
l'onde acoustique (P).

Selon l'invention, la structure interne du matériau
est telle qu'entre surface incidente et surface rayonnante,
elle soit composée d'une combinaison, par juxtaposition ou
15 superposition ou emboîtement transversal ou longitudinal de
motifs géométriques pluridimensionnels qui réalisent une
structure anisotrope dissymétrique, c'est à dire présentant
suivant l'un quelconque de ses axes des motifs pleins
dissymétriques et des cavités dissymétriques qui contribuent
20 à perturber la transmission de l'onde.

L'élément dénommé motif dans la présente
description est un corps géométrique entrant dans la
composition de la structure du matériau.
Ce corps a au moins deux dimensions.
25 Il peut être formé par des assemblages de poutres, de barre,
de volumes pleins, de surfaces planes ou de formes plus
complexes.

En figure 3 est représenté un exemple de

1 réalisation de motifs constituant la structure du matériau
entre surface incidente 3 et surface rayonnante 5.

Chacun des motifs 8 en forme de poutre est au contact de la
surface incidente et de la surface rayonnante et présente
5 deux parties 9 et 10 inclinées et incurvées en sens inverse
l'une par rapport à l'autre et formant un angle entre elles.
Les motifs 8 sont incurvés en sorte d'être dissymétriques
par rapport au moins un plan parallèle à la direction de
l'onde de pression incidente.

10 La partie 9 du motif forme un angle aigu avec la
surface incidente 3, la partie 10 du motif est cintrée à son
extrémité suivant un rayon.

Le motif 8 est répété et combiné par juxtaposition
autant de fois que souhaité entre les surfaces 3 et 5 avec
15 un intervalle 11 entre chacun des dits motifs définissant
des cavités 11 qui sont comme les motifs eux-mêmes également
dissymétriques.

En figure 4 est représentée schématiquement le
parcours et la déviation de l'onde de pression 2, par
20 exemple dans le cas de figure représenté en figure 3.

Les vibrations de l'onde schématisée par la flèche 2 sur la
surface incidente et perpendiculaire à celle-ci sont déviées
par le motif 8 pour s'orienter comme schématisé par la
flèche 12 qui indique la direction principale des vibrations
25 en ce point du motif.

Les particules situées au milieu du motif au point
B répondent en effet aux sollicitations de l'onde de
pression par des mouvements dont la direction est proche de
celle de l'axe X.

1 La surface rayonnante est alors soumise à de très faibles
mouvements selon Y qui sont majoritairement responsables de
l'onde de pression transmise à la surface rayonnante, les
vibrations de l'onde passant ainsi d'un sens sensiblement
5 perpendiculaire à la surface incidente à un sens
sensiblement parallèle à la surface rayonnante ou faiblement
sécant à celle-ci, avec rotation au niveau de B.

Les motifs 8 sont le siège des vibrations. Les
particules les constituant sont animées à la fois de
10 translations et aussi de rotations autour des différents
axes dépendant des formes de motifs.

La conception de motifs particuliers permet de privilégier
les rotations des particules entraînant diverses torsions
des motifs concernés avec une possibilité de concentration
15 des vibrations.

L'avantage des rotations sur les translations est
le faible rayonnement acoustique des motifs.

En figure 5 est représentée une forme de
réalisation du motif tridimensionnel composé de poutres et
20 de volumes ponctuels pleins.

Le motif comprend une poutre inclinée 13 qui touche la
surface incidente (non représentée) suivie d'une poutre 14
formant un angle obtu avec la poutre 13.

Les poutres 13 et 14 sont au contact des surfaces incidentes
25 3 et rayonnantes 5 (non représentées).

Au point 15 de raccordement des poutres 13 et 14 sont fixées
des poutres transversales 16 en extrémité dès qu'elles sont
montées de masses 17 qui fonctionnent comme accumulateur de
vibration.

1 Suivant l'épaisseur du matériau, qui peut par
exemple aller de deux centimètres d'épaisseur à quelques
millimètres, la structure du matériau peut par exemple être
réalisée par découpe au laser, par collage, pliage,
5 assemblage de plusieurs couches ou par stéréolithographie
(polymerisation de résine par laser).

 L'application présentée figure 6 consiste à
réaliser une dissipation de l'énergie des vibrations 2 en
ajoutant un matériau viscoélastique dans des zones 18 où
10 l'énergie de l'onde vibratoire est concentrée par la micro-
géométrie du matériau. La structure du matériau permet de
dévier et de privilégier un ou des degrés de liberté du
matériau pour lequel l'amortissement viscoélastique est le
plus efficace. L'application de l'invention permet donc de
15 dévier l'énergie de l'onde vibratoire 2 puis de la dissiper
sous forme de chaleur dans des zones bien définies et selon
des directions qui impliquent certains modes de vibration de
la paroi non acoustiquement rayonnante.

20

25

REVENDEICATIONS :

1. Procédé d'atténuation de l'amplitude de l'onde de pression (6) rayonnée par la surface (5) d'un matériau soumis à des vibrations d'origine mécanique et/ou acoustique, au niveau de sa surface incidente (3), ledit matériau étant composé d'une structure (1) élastique pesante de conformation anisotrope caractérisé en ce que par conformation de la géométrie interne de la structure du matériau sont réalisées une déviation et une localisation des vibrations internes (7) à la structure.

2. Procédé d'atténuation selon la revendication 1 de l'amplitude de l'onde de pression rayonnée par la surface incidente (3) d'un matériau (1) soumis à des vibrations d'origine mécanique et/ou acoustique (2), ledit matériau étant composé d'une structure élastique pesant de conformation anisotrope caractérisé en ce que par conformation de la géométrie interne de la structure du matériau sont réalisées une déviation et une localisation des vibrations internes (7) à la structure.

3. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la modification du sens des vibrations internes s'effectue depuis un sens principalement perpendiculaire à la surface incidente (3) jusqu'à un sens sensiblement parallèle ou voisin d'une parallèle de la surface rayonnante.

4. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la modification du sens des vibrations internes est transformée de linéaire en rotatif.

5. Procédé selon les revendications 1, 2 et 3 caractérisé en ce que la structure du matériau présente une pluralité de motifs (8) internes géométriques combinés entre eux et réalisant une succession et/ou combinaison transversale et/ou longitudinale dissymétrique.

6. Procédé selon les revendications 1, 3 et 4 caractérisé en ce que la structure interne du matériau est dissymétrique par rapport à au moins un plan parallèle à la direction de l'onde de vibration incidente (2).

7. Procédé selon les revendications 1 à 6 caractérisé en ce que la structure (1) interne du matériau réalise une déviation et une localisation des vibrations et que l'énergie vibratoire est dissipée à l'aide de matériaux viscoélastiques (18) disposés au niveau des zones de concentration.

8. Matériau réalisé par mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que sa géométrie interne réalise une déviation de l'onde avec localisation des vibrations et/ou modification des directions des vibrations (7) internes à la structure.

9. Matériau selon la revendication 6 caractérisé en ce que sa structure interne est dissymétrique par rapport à au moins un plan parallèle à la direction de l'onde de vibration incidente.

10. Matériau selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'entre surface incidente (3) et surface rayonnante (5), la structure du matériau est constituée d'une combinaison de motifs (8) géométriques pluridimensionnels ménageant des cavités (11) dissymétriques.

11. Matériau selon la revendication 6 caractérisé en ce que les motifs (8) sont constitués de parties (9, 10) inclinées formant un angle entre elles et en contact avec les surfaces incidente (3) et rayonnante (5).

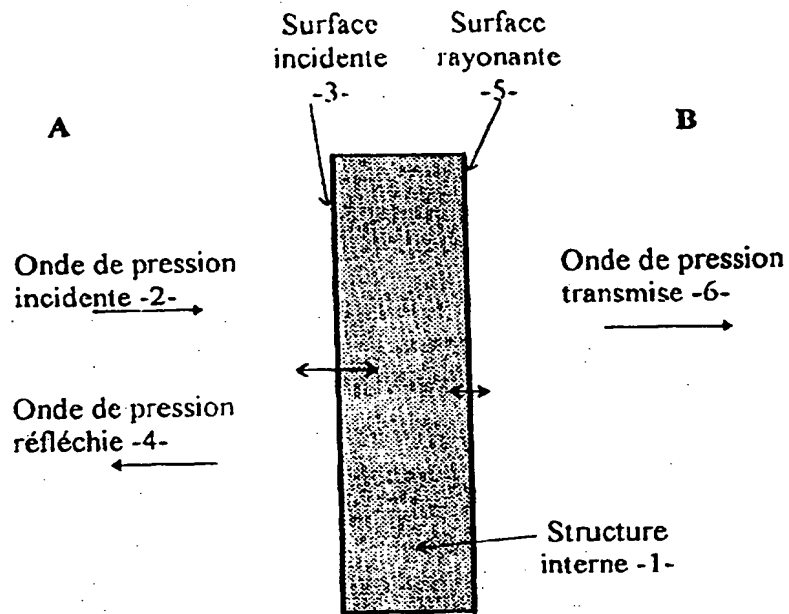
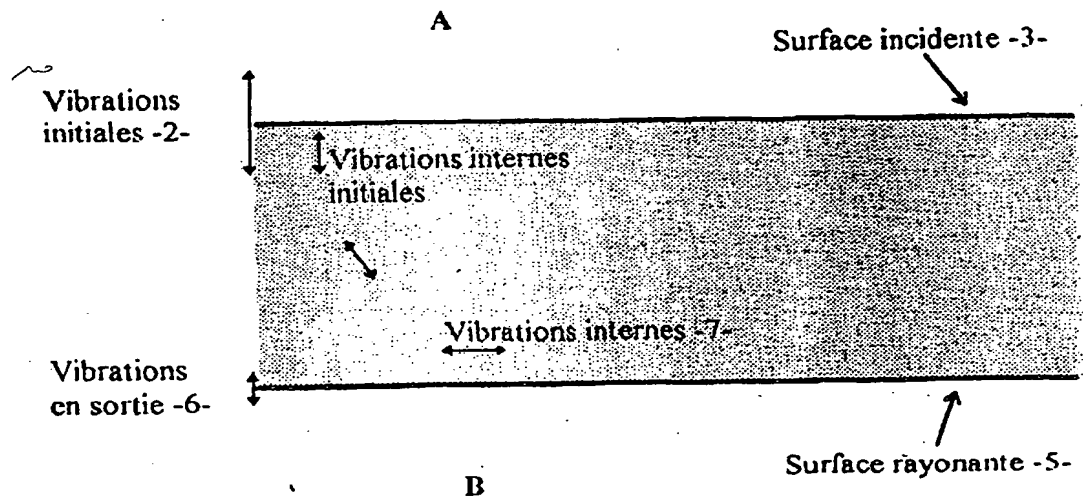
12. Matériau selon les revendications 6 et 10 caractérisé en ce qu'au moins une des parties (10) est inclinée par rapport à la surface incidente (3) du matériau ou à la surface rayonnante (5).

13. Matériau selon la revendication 10 caractérisé en ce qu'au moins une des parties (9) est inclinée par rapport à la surface incidente (3) ou rayonnante (5).

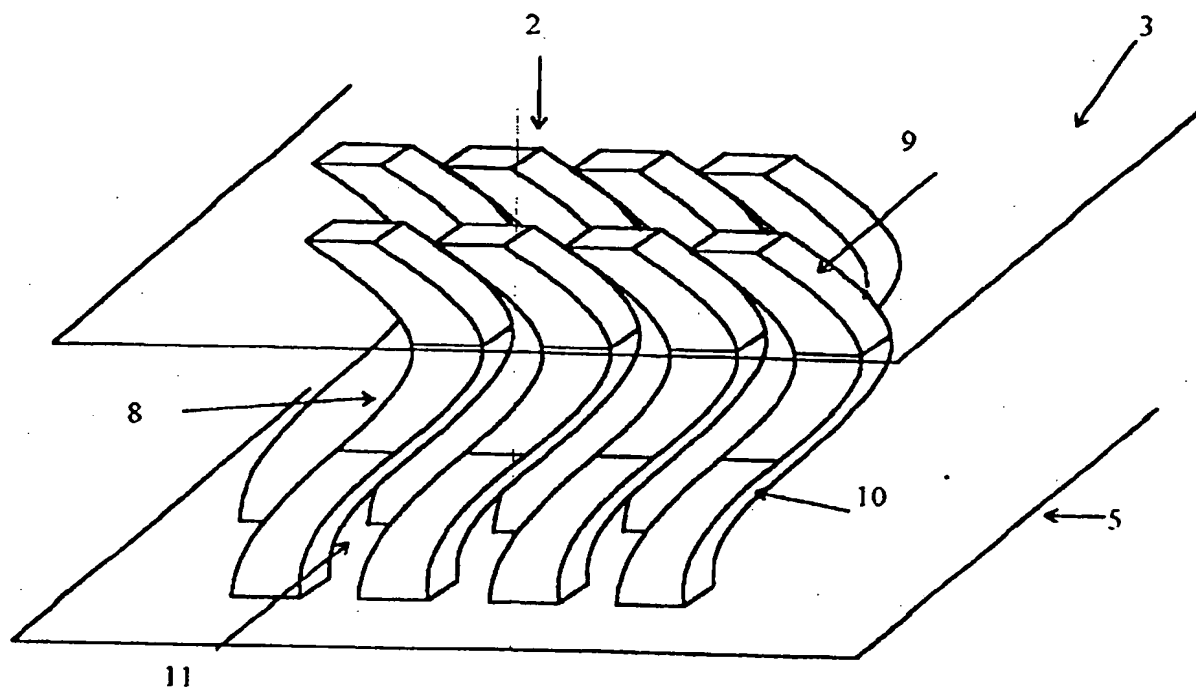
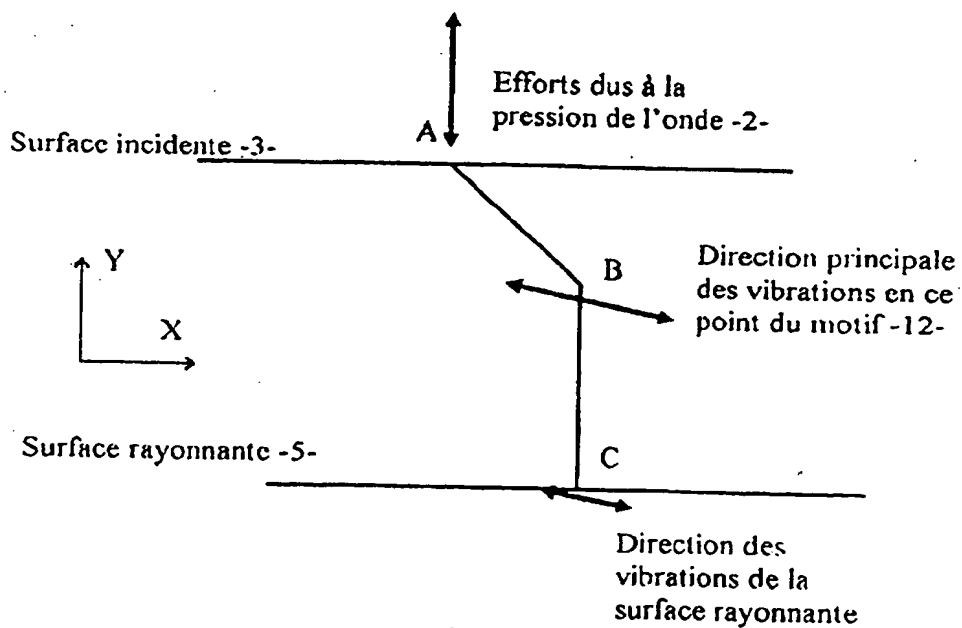
14. Matériau selon la revendication 6 caractérisé en ce que les motifs (8) sont réalisés par assemblage de poutres (13, 14, 16) et de volumes (17).

15. Matériau selon les revendications 8 à 14 caractérisé en ce que la structure interne (1) du matériau qui dévie et localise les vibrations est associée à un matériau viscoélastique (18) dans des zones où l'énergie de l'onde vibratoire est concentrée.

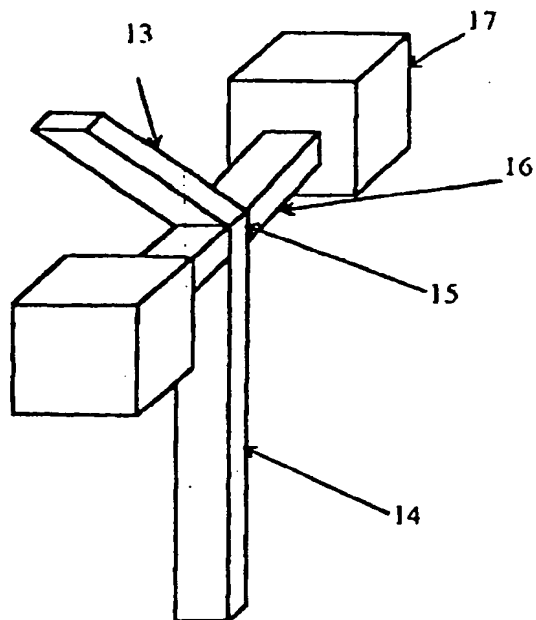
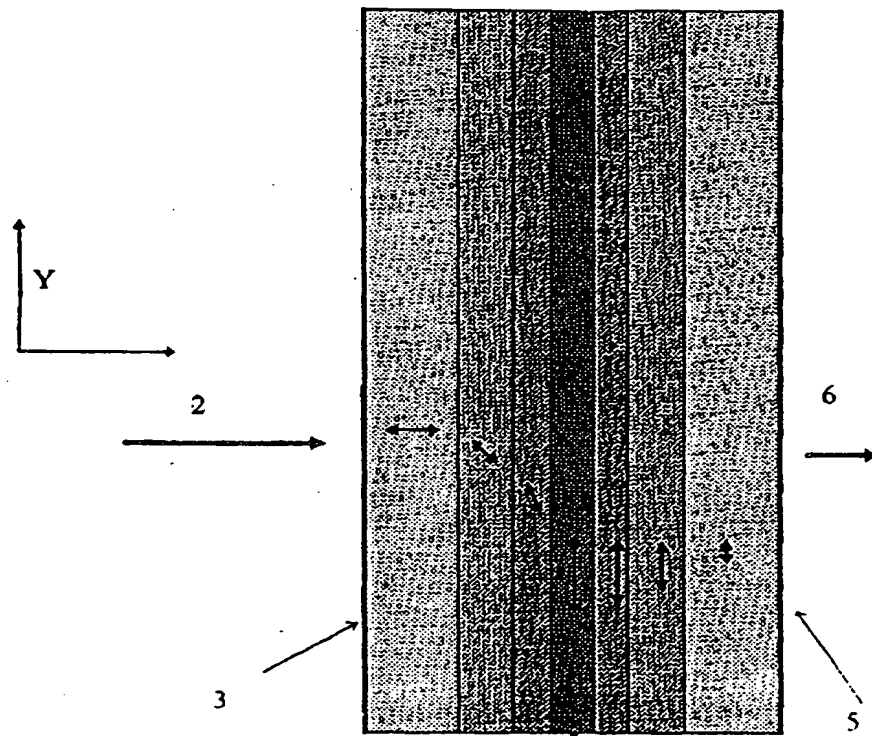
PL. 1/3

Fig 1Fig 2

PL.2/3

Fig 3Fig 4

PL.3/3

Fig 5

18

Fig 6

